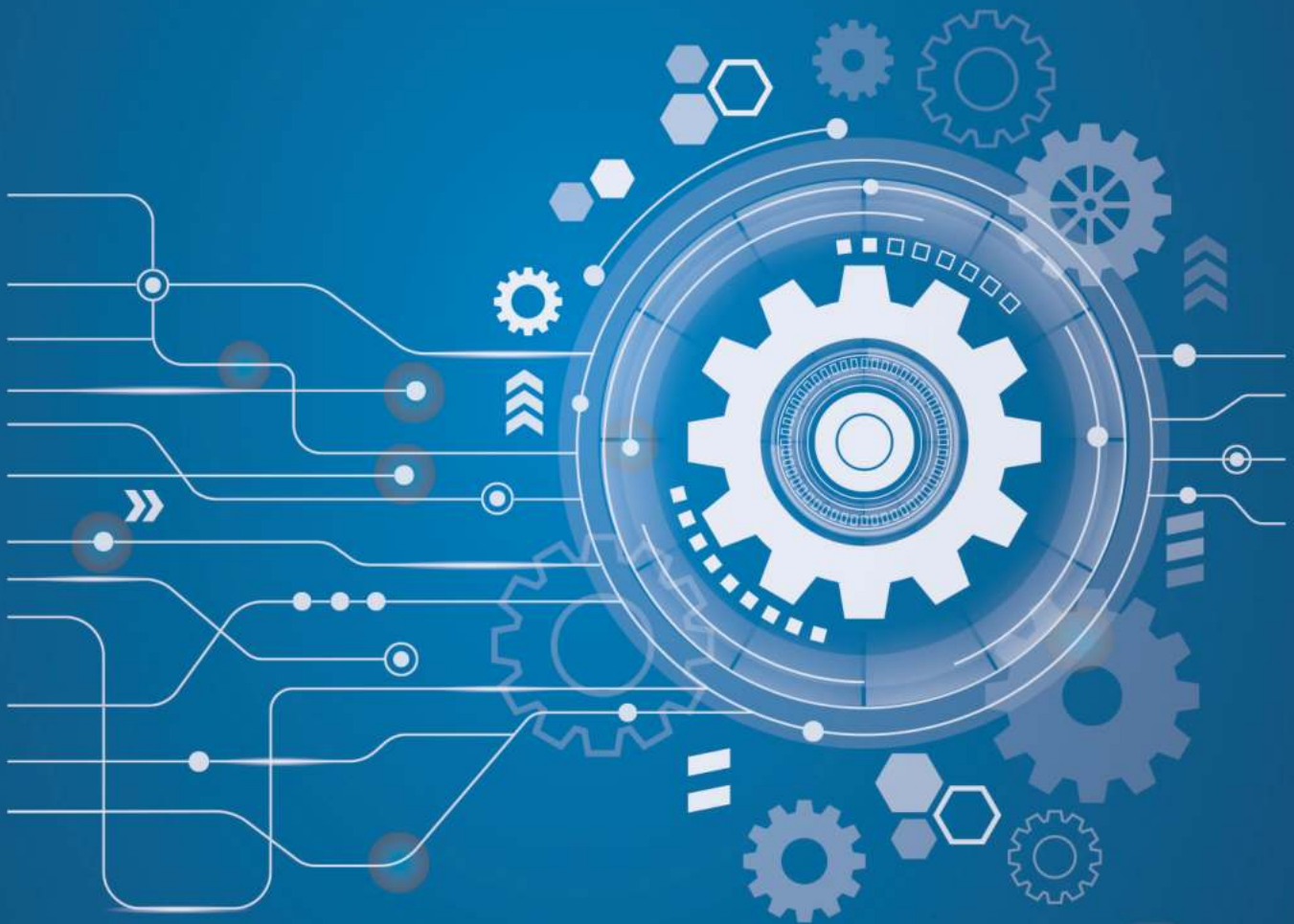
APORTES DE LA INGENIERÍA

PARA EL DESARROLLO REGIONAL



UTN IBARRA - ECUADOR
Ingeniería Industrial
2017

APORTES DE LA INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO REGIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

2017

COMITÉ EDITORIAL

MSc. Leandro Leonardo Lorente Leyva
MSc. Erik Orozco Crespo
MSc. Ramiro Saraguro Piarpuezan
PhD. Neyfe Sablón Cossío

COLABORADORES

MSc. Jeanette Ureña
MSc. Mayra Maya
MSc. Karla Negrete
MSc. Marcelo Cisneros
MSc. Marcelo Vacas
MSc. Christian Estrada
MSc. Yakcleem Montero
MSc. Israel Herrera
MSc. Guillermo Neusa
MSc. Robert Valencia
MSc. Carlos Machado
MSc. Patricio Ortega
MSc. Andrés Cruz
MSc. Winston Oviedo

COMITÉ CIENTÍFICO FICA UTN

PhD. Iván García Santillán

PhD. Gerardo Collaguazo
PhD. Marco Ciaccia
PhD. Miguel Rodríguez
PhD. Pedro García

Universidad Técnica del Norte, Ecuador

PARES REVISORES EXTERNOS

PhD. Arlys Michel Lastre Aleaga
Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo, Ecuador
PhD. Alexis Cordovés García
Universidad Tecnológica Equinoccial, Santo Domingo, Ecuador
PhD. Juan Pablo Tafur Guisao
Yachay Tech, Ecuador
PhD. Ernesto Negrín Sosa
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador
PhD. Evis L. Diéguez Matellán
Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador
PhD. Diego Hernán Peluffo Ordoñez
Yachay Tech, Ecuador
MSc. Juan Marcos Pupo Francisco
Universidad Técnica de Machala, Ecuador
MSc. Roberto Félix Beltrán Reyna
Universidad de las Fuerzas Armadas, Latacunga, Ecuador
Ph.D. Yoandrys Morales Tamayo
Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador
MSc. Jorge Luis Chicaiza Vaca
IT in Production and Logistics Deparment, Technische Universität Dortmund, Alemania
PhD. Francisco Ramírez
Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, República Dominicana
PhD. Floralba López González
Yachay Tech, Ecuador
MSc. Edel Angel Rodríguez Sánchez
Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, Ecuador
PhD. Marisela Giraldo de López
Universidad Técnica del Norte, Ecuador
PhD. Rafael Carlos Hernández Infante
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Extensión Ibarra, Ecuador
PhD. María Elena Infante Miranda
Universidad Regional Autónoma de los Andes, Extensión Ibarra, Ecuador
PhD. Marcia Esther Noda Hernández
Ministerio de Educación Superior, Cuba
PhD. Aniuska Ortiz Pérez
Universidad de Holguín, Cuba
PhD. David Almaguer La Rosa
Universidad de Holguín, Cuba
PhD. Libis Martha Zúñiga
Universidad de Holguín, Cuba

Imprenta Universitaria 2017
Universidad Técnica del Norte
Diagramación & Diseño
Ing. Fernando Mafla Ibarra-Ecuador

EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

ISBN: 978-9942-984-97-5

INTRODUCCIÓN

En este libro se presentan los resultados del I Congreso Internacional de Ingenierías 2017 con el objetivo de socializar el estado actual de investigaciones, estrategias y tendencias de la ingeniería industrial y carreras afines, así como de las tecnologías de la información y comunicaciones en relación con el desarrollo regional, en aras de promover un ambiente de relación e intercambio entre el sector científico-académico con el industrial-corporativo.

Los 38 capítulos publicados son producto de numerosas investigaciones científicas y de innovación tecnológica desarrolladas durante el transcurso del último año, por autores de diversas áreas de la ingeniería, que incluyen la producción industrial y operaciones, la administración y las nuevas tendencias de la ergonomía, la eficiencia energética y energías renovables, así como la inteligencia artificial y de ingeniería de software. Siendo estos, aceptados para la presentación y publicación del I Congreso Internacional de Ingenierías organizado por la Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica de Norte, durante los días del 20 al 24 de noviembre de 2017 en Ibarra, Ecuador.

Este evento multidisciplinario, desarrollado en conjunto a la Fundación Universitaria de Popayán y la Universidad Cooperativa de Colombia, Sede Pasto, y la colaboración de profesionales de varias instituciones nacionales e internacionales, que ponen a disposición de la comunidad científica y en general, un compendio de artículos de interés, presentados y aprobados por un comité científico y revisores externos especializados en cada una de las temáticas del congreso, quienes certifican la calidad y originalidad de cada capítulo publicado en este libro, en formato digital con ISBN.

Con la participación de la Universidad Técnica del Norte, como organizador principal del evento, se viabiliza el cumplimiento de las metas planteadas en el Plan de Investigación de la FICA y la Carrera de Ingeniería Industrial en el 2017. Donde inciden los resultados alcanzados en proyectos e investigaciones realizadas, conformes a las líneas de investigación de la institución, que se orientan a incentivar la producción nacional, la productividad y la competitividad, para la innovación, invención y la acumulación del conocimiento. Con la inserción estratégica en la economía mundial y la producción complementaria en la integración regional en desarrollo y mejora de técnicas y herramientas para satisfacer las necesidades de las empresas y la sociedad.

EJES TEMÁTICOS

01 La enseñanza y la investigación en ingenierías

02 Administración y marketing

03 Operaciones y cadenas de suministro

04 Eficiencia energética y energías renovables

05 Nuevas tendencias de la ergonomía

06 Ingeniería de software

07 Inteligencia artificial

08 TICs en la educación

LISTADO DE AUTORES

1 Adalberto Castro
2 Alexander Lomas
3 Alexander Sánchez
4 Ana Acevedo
5 Ana Checa
6 Ana Umaquinga
7 Andrés Anaya
8 Andrés Cruz
9 Ángel Cayambe
10 Angélica Molina
11 Arialys Hernández
12 Arturo Cueva
13 Bertha Rhea
14 Bolívar Cadena
15 Caridad Leyva
16 Carlos Machado
17 Carlos Quingla
18 Carlos Ramírez
19 Cristina Chamorro
20 Darwin Aldas
21 Dayana Vallejo
22 Daysi Imbaquingo
23 Diego Peluffo
24 Edison Rivera
25 Edwin Sánchez
26 Erik Orozco
27 Evis Diéguez
28 Fabinton Sotelo
29 Fabio Bolaños
30 Flor García
31 Gabriela Carrión
32 Gabriela Narváez
33 Galo Calle
34 Gelmar García
35 Guillermo Neusa
36 Hugo Imbaquingo
37 Israel Herrera
38 Jaime Mendoza
39 Jeanette Ureña
40 Jherry Cevallos
41 Jimmy Núñez
42 John Reyes
43 Jonatan Mafla
44 Jonathan de la Cueva
45 Jose Oleas
46 José Peña
47 Juan López
48 Juan Muñoz
49 Juan Segura
50 Julián Fernández
51 Laritza Guzmán
52 Laura Guevara
53 Leonardo Cuétara
54 Leydi Vargas
55 Lilia Cervantes
56 Liliana Valls
57 Lourdes Crespo
58 Luis Alpala
59 Luis Garzón
60 Luis Jácome
61 Luis Meneses
62 Luis Muñoz
63 Luisa Matos
64 Marcelo Cisneros
65 Marco Pusdá
66 Margarita de Miguel
67 Mayra Maya
68 Natali Padilla
69 Neyfe Sablón
70 Noelia Herrero
71 Nora Arciniegas
72 Olga Gómez
73 Olga Sánchez
74 Oswaldo Galarza
75 Pablo F. Puente
76 Pablo M. Puente
77 Patricio Ortega
78 Paúl Rosero
79 Reyner Pérez
80 Ricardo Pereira
81 Richard Imbachi
82 Robert Valencia
83 Rodobaldo Martinez
84 Rossana Rosales
85 Santiago Otero
86 Sergio Pérez
87 Teresita López
88 Toyis Cedeño
89 Yadamy Rodríguez
90 Yakcleem Montero

ÍNDICE GENERAL

La enseñanza y la investigación en ingenierías

CAPÍTULO 1

EL ROL SOCIAL DE LA INGENIERÍA: UNA REFLEXIÓN DESDE SUS ORÍGENES HASTA LA PRÁCTICA PROFESIONAL 17

CAPÍTULO 2

LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BÁSICAS EXPERIMENTALES BAJO UNA EXPERIENCIA APLICADA DEL COGNITIVISMO Y CONSTRUCTIVISMO 27

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE SEMILLEROS DE INVESTIGACIÓN EN EMPRENDIMIENTO UTN 37

Administración y marketing

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE LOS DESAFÍOS ESPECÍFICOS QUE SURGEN DE LA APLICACIÓN PRÁCTICA DEL CONCEPTO DE INDUSTRY 4.0 A LA REALIDAD DEL NEGOCIO 51

CAPÍTULO 5

APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE PROYECTOS PARA MEJORAR EL SERVICIO AL CLIENTE EN UNA EMPRESA DE PROYECTOS E INGENIERÍA 61

CAPÍTULO 6

APLICACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA EN LA EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DE LOS TURISTAS EN UN HOTEL 71

CAPÍTULO 7

COMPETENCIAS ADMINISTRATIVAS EN LAS UNIDADES DE APOYO A LA INCLUSIÓN EDUCATIVA DE LA ZONA 1, ECUADOR 83

CAPÍTULO 8

GESTIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIOS EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS MANUFACTURERAS DE LA PROVINCIA DE IMBABURA 91

CAPÍTULO 9

LA EVALUACIÓN ALINEADA DEL DESEMPEÑO INDIVIDUAL. APLICACIÓN EN INSTALACIONES TURÍSTICAS 103

CAPÍTULO 10

LECHE DE CABRA. MERCADO, CALIDAD Y PRODUCCIÓN DE QUESO FRESCO 115

CAPÍTULO 11

MODELO DE GESTIÓN POR PROCESOS EN LAS MIPYMES DEL SECTOR MANUFACTURERO DE LA PROVINCIA DE IMBABURA 125

CAPÍTULO 12

PRECIO BASADO EN EL VALOR: UNA APLICACIÓN A PRODUCTOS ARTESANALES 137

CAPÍTULO 13

PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MARKETING ESTRATÉGICO EN ORGANIZACIONES HOTELERAS 147

CAPÍTULO 14

VARIABLES ASOCIADAS A LA IMAGEN DE UN ESTABLECIMIENTO DETALLISTA: PERSPECTIVA SOCIODEMOGRÁFICA 155

C Operaciones y cadenas de suministro

CAPÍTULO 15

DISEÑO DEL PROCEDIMIENTO PARA EL MANEJO DE MATERIALES DEL PRODUCTO TERMINADO EN LICORAM 167

CAPÍTULO 16

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE LOS SERVICIOS DE ATENCIÓN PRIMARIA EN UN ÁREA DE SALUD 177

CAPÍTULO 17

IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES DE MEJORA DE INDUSTRIAS TEXTILES MEDIANTE ANÁLISIS DE DISPERSIÓN - 6M´S 191

CAPÍTULO 18

INCIDENCIA DE LOS EFECTOS DE FALLO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO: CASO APLICADO A CARROCERÍA DE BUSES 203

CAPÍTULO 19

LAS CADENAS AGROALIMENTARIAS: ESTUDIO DE CASOS CUBANOS 219

CAPÍTULO 20

METODOLOGÍAS PARA OPTIMIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE PRODUCCIÓN Y ALMACENAJE EN LA EMPRESA DE MAQUINARIA AGRÍCOLA CAMPOMAQ 233

CAPÍTULO 21

OPTIMIZACIÓN DE LOS TIEMPOS DE CAMBIO DE FORMATO EN LA MAQUINARIA DE ENVASADO A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DEL ALGORITMO HÚNGARO EN UNA FÁBRICA DE LICORES 249

C Eficiencia energética y energías renovables

CAPÍTULO 22

ANÁLISIS QUÍMICO DE CENIZAS DE FONDO GENERADAS DURANTE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS HOSPITALARIOS 259

CAPÍTULO 23

EL ESTROPAJO COMÚN (Luffa cylindrica) UN BIOMATERIAL PROMISORIO ÚTIL PARA REMOVER CONTAMINANTES DE AGUAS CONTAMINADAS: REMOCIÓN DE GLIFOSATO UNA INVESTIGACIÓN EN DESARROLLO 265

CAPÍTULO 24

ESTUDIO SOBRE CAPTACIÓN DE AGUA DE LA ATMÓSFERA COMO ALTERNATIVA PARA SOLVENTAR NECESIDADES HÍDRICAS 281

CAPÍTULO 25

METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA PYMES AGROALIMENTICIAS 289

Nuevas tendencias de la ergonomía

CAPÍTULO 26

ANÁLISIS DE CONDICIONES DE TRABAJO ERGONÓMICAS POSTURALES EN DOCENTES Y PERSONAL ADMINISTRATIVO DEL IST 17 DE JULIO APLICANDO MÉTODO RULA 299

CAPÍTULO 27

ANÁLISIS ERGONÓMICO AMBIENTAL EN CAMPAMENTO PETROLERO Y SU INCIDENCIA EN LA SALUD OCUPACIONAL 305

CAPÍTULO 28

IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE PREVENCIÓN DE RIESGOS MECÁNICOS EN LAS EMPRESAS METALMECÁNICAS DE LA PROVINCIA DE IMBABURA 313

CAPÍTULO 29

TENDENCIAS DE LA ERGONOMÍA APLICADA EN LAS MIPYMES 321

Ingeniería de software

CAPÍTULO 30

APLICACIÓN DE LA NORMA BCLS 2000 Y LA ISO 22301 EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS 335

CAPÍTULO 31

EVALUACIÓN DE LA RED INALÁMBRICA DE LA FICA BASADO EN LA ISO 9001 Y LA IEEE 802.11 343

CAPÍTULO 32

REVISION SISTEMÁTICA: ASPECTOS DE COMUNICACIÓN EN EQUIPOS DESARROLLADORES DE SOFTWARE 353

Inteligencia artificial

CAPÍTULO 33

APLICACIÓN DE LA MINERÍA DE DATOS EN EL POSICIONAMIENTO DE MARCAS EN LA RED SOCIAL FACEBOOK 367

CAPÍTULO 34

MORFOLOGÍAS VISUALES DE REPRESENTACIÓN DE DATOS COMO AUMENTO DE CAPACIDADES ANALÍTICAS HUMANAS: UNA REVISIÓN DE LITERATURA 375

CAPÍTULO 35

RAZONAMIENTO BASADO EN CASOS (CBR) APLICADO PARA LA MEJORA EN LA ASIGNACIÓN DE RUTINAS DE ENTRENAMIENTO FÍSICO 383

TICs en la educación

CAPÍTULO 36

ANÁLISIS DE VULNERABILIDADES EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN WEB A NIVEL NACIONAL MEDIANTE PATRONES PERSONALIZADOS 399

CAPÍTULO 37

LA POTENCIA DE TERMOGRAF EN EL APRENDIZAJE DE LA TERMODINÁMICA APLICADA A LA INGENIERÍA 409

CAPÍTULO 38

MULTIMEDIA EN LA ENSEÑANZA DE VOCABULARIO DE IDIOMAS 421

CAPÍTULO 25

METODOLOGÍA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA PYMES AGROALIMENTICIAS

CLEANER PRODUCTION METHODOLOGY AND ENERGY EFFICIENCY FOR AGRO-FOOD SMES

Galo Mauricio Calle Naranjo[1], Jeanette del Pilar Ureña-Aguirre[2*]

[1]*Especialista Zonal de Desarrollo de Mipymes y Artesanías. Ministerio de Industrias y Productividad*

[2]*Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas - Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador*

*** jdurena@utn.edu.ec**

Resumen

En Ecuador las pequeñas y medianas empresas agroalimenticias necesitan pasos sistemáticos y sencillos como guía para analizar sus procesos productivos con el afán de cumplir la legislación vigente e implementar soluciones de mejora aplicando Producción más Limpia y Eficiencia Energética, mediante la identificación de oportunidades de optimización del uso de energía eléctrica y combustible. Se aplicó la siguiente metodología: análisis de la energía térmica en tuberías de vapor, análisis termodinámico de una cámara de refrigeración, análisis termodinámico de equipos, análisis de la demanda de energía en horas pico, determinación de línea-base de la planilla eléctrica. Mediante la aplicación de estos pasos sistemáticos se identificó potenciales ahorros y los parámetros que la caracterizan, desde el punto de vista económico, ambiental y tecnológico con incidencia en el consumo eficiente de energía eléctrica y diésel.

Palabras clave: Agroalimenticias, termodinámica, producción más limpia, eficiencia energética, lácteos.

Abstract

In Ecuador small and medium agro-food companies need systematic steps as a guide to analyze their production processes in order to comply with current legislation and implement improvement solutions applying Cleaner Production and Energy Efficiency, by identifying opportunities for optimizing the use of electricity and fuel. The following methodology was applied: thermal energy analysis in steam pipelines, thermodynamic analysis of a refrigeration chamber, thermodynamic analysis of equipment, energy demand analysis in peak hours, baseline determination of the spreadsheet electric. Through the application of these systematic steps, potential savings were identified and the parameters that characterize it, from the economic, environmental and technological point of view with an impact on the efficient consumption of electric energy and diésel.

Index terms: Agro-food, thermodynamics, cleaner production, energy efficiency, dairy.

INTRODUCCIÓN

Las PYMES (pequeñas y medianas empresas) agroalimenticias en el Ecuador, en un bajo porcentaje manejan procesos eficientes lo que genera una baja productividad. En la última década por factores políticos y económicos a nivel local e internacional, ha motivado a los empresarios a buscar alternativas para mantener o incrementar la rentabilidad de sus PYMES. Gracias a esto se ha empezado a introducir conceptos de productividad y eficiencia, para lo cual se ha desarrollado herramientas o se ha aplicado metodologías existentes para producir más con menos y de esta manera cumplir con la normativa ambiental vigente.

La eficiencia en uso de recursos y producción más limpia P+L, bajo el enfoque de la ONUDI, es una metodología que sirve a las empresas para ser más eficientes y competitivas, ya sea en los procesos, en el producto terminado o en los servicios, lo que va a reducir el impacto ambiental y generar recursos económicos para la empresa (Centro de Producción más Limpia Nicaragua, 2012). Sin embargo, las PYMES alimenticias por su razón de ser, se interesan en generar ganancias para que sea rentable su actividad económica, por lo cual es imprescindible que las metodologías para mejorar la productividad y la eficiencia de los procesos, sean atractivas al empresario, esto se logra con iniciativas de bajo costo de implementación y con alto retorno de beneficio económico en un corto plazo.

Esto ha motivado a realizar la presente investigación, donde se plantea una metodología con pasos sistemáticos sencillos, los cuales pueden ser aplicados en la PYMES agroalimenticias. Como resultado de su aplicación se obtendrá ahorros energéticos, procesos más eficientes y las empresas ganarán un factor diferenciador que sirve como estrategia competitiva, ya que al aplicar producción más limpia en sus procesos, se cumple varios aspectos de la normativa ambiental vigente y se contribuye a mejorar el medio ambiente, lo cual fortalece la imagen corporativa de la empresa.

METODOLOGÍA

La investigación utilizada en el presente estudio es aplicada y experimental. Se estableció una guía para evaluar las pérdidas de energía en las PYMES versus el beneficio económico, aplicando pasos sistemáticos para optimizar los procesos productivos y los equipos analizados en los diferentes ensayos.

Según las materias primas a procesar, cada PYMES agroalimenticia aplican procesos y utilizan maquinarias similares. Principalmente existen equipos para calentamiento, cocción, refrigeración, congelación, entre otros. Dichos equipos funcionan con base en la generación de vapor y el uso de energía eléctrica.

Independientemente del tamaño de la empresa, se debe partir de un diagnóstico inicial en el cual se levante información para realizar balances de materia y energía, con énfasis en el consumo de agua, energía eléctrica, combustibles. Con los datos obtenidos se evidencia los procesos o equipos donde se puede lograr la optimización de su funcionamiento, y para alcanzar dicho objetivo se recomienda realizar los siguientes cálculos: análisis de la energía térmica de tuberías de vapor, análisis termodinámico de cámaras de refrigeración, análisis termodinámico de los equipos, análisis de la demanda de energía en horas pico (DP), determinación de línea-base de la planilla eléctrica. A continuación se detalla los cálculos:

Análisis de la energía térmica en tuberías de vapor.

En la Fig. 1 se visualiza tuberías que transportan vapor sin aislamiento, generado por un caldero a diésel de 30 BHP. Las pérdidas de calor calculadas según (Perry & Green, 1999) ascienden a un valor anual de $104,06 lo que es equivalente a 101,02 galones de diésel.

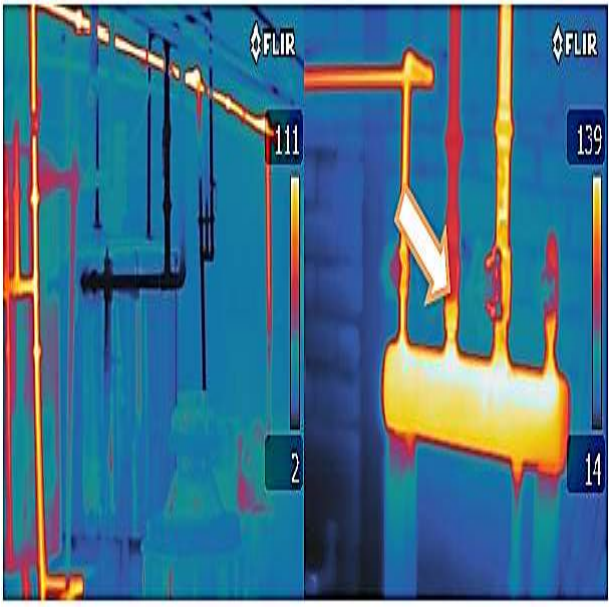


Figura 1: Imagen térmica de tuberías

Tabla 1: Pérdidas de calor por tubería

Parámetros	Escenario sin aislante	Escenario con aislante de lana de vidrio con recubrimiento de aluminio
Pérdidas por tubería sin aislante (kW/año) =	3 311,70	315,27
Poder calorífico diésel (kW/kg) =	11,88	11,88
Pérdidas por tubería sin aislante (gl/año) =	101,02	9,58
Precio unitario diésel ($/gl) =	$ 1,03	$ 1,03
Pérdidas por tubería sin aislante ($/año) =	$ 104,06	$ 9,87
Diésel necesario ($/año) =	$ 11 603,13	$ 11 508,94

Análisis termodinámico de una cámara de refrigeración.

Para la conservación de la materia prima y de productos terminados en las PYMES alimenticias, se utiliza cámaras de refrigeración (Cenzano & Cenzano, 2015). Considerando varias alternativas, la mejor opción según los resultados obtenidos es el cambio de estanterías de madera por estanterías de polietileno. Un 70% del total de la energía se ocupa para enfriar a 4°C las estanterías de madera que se utilizan dentro de un cuarto frío lo que se visualiza en la Fig.2. Según (Rosenberg & Epstein, 1988) se calcula la cantidad de energía necesaria para enfriar cierta cantidad de producto, y al existir estanterías dentro de la cámara de frío, es necesario calcular la energía empleada para el enfriamiento de todo lo que se encuentre dentro del equipo.

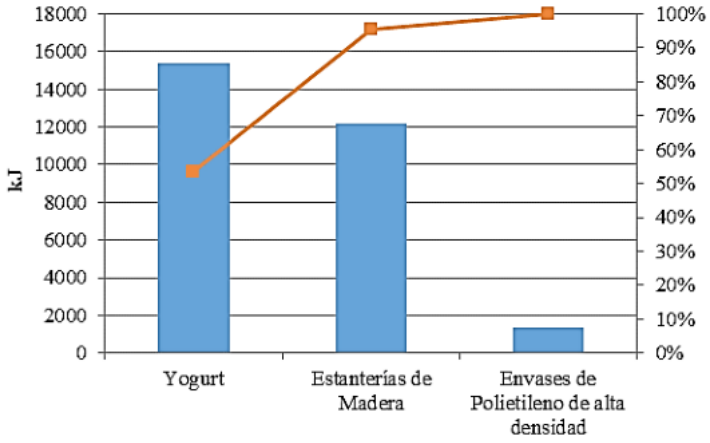


Figura 2. Energía necesaria para llegar a 4°C

Al cambiar el material de las estanterías, el uso de la energía se optimiza, enfriando a 4°C solamente el producto, lo que se visualiza en la Fig.3.

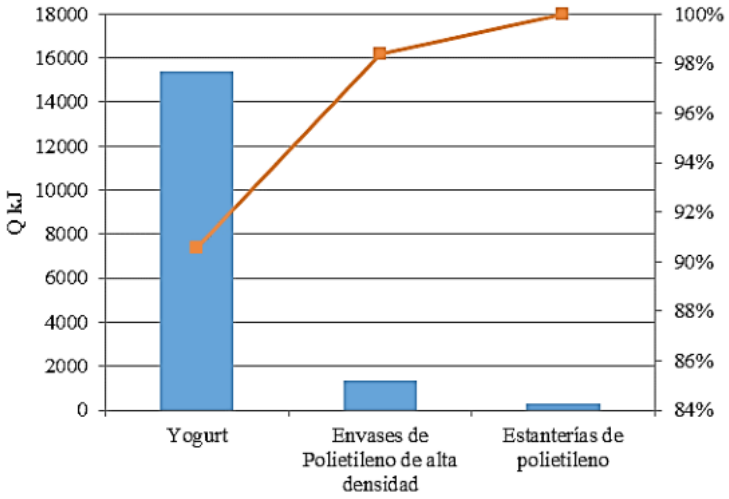


Figura 3. Energía necesaria para llegar a 4°C con estanterías de polietileno

Análisis termodinámico de equipos.

En las PYMES agroalimenticias se frecuenta el uso de equipos de calentamiento a vapor en el área de producción como yoguteras, marmitas, y pasteurizadores (Luna, 2005).

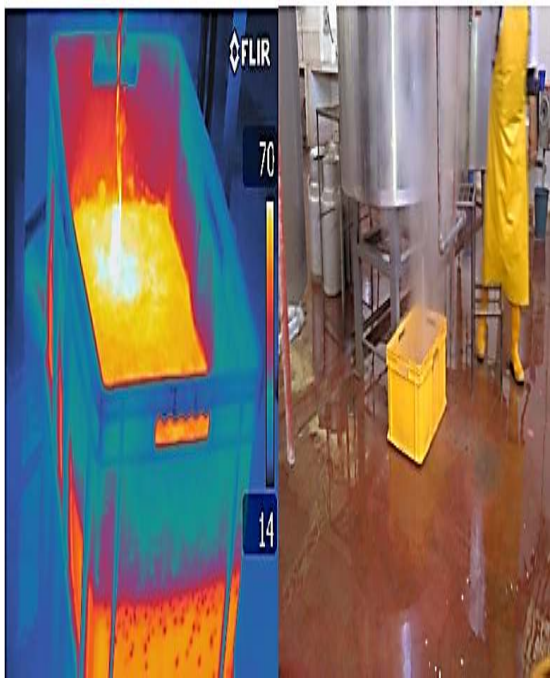


Figura 4: Imagen térmica del condensado en una marmita

Es una pérdida económica para las PYMES, el desechar el condensado, sin considerar su retorno al caldero, y de esta manera mejorar la eficiencia del equipo (Singh & Herman, 1993). El consumo de agua del caldero disminuye, gracias a la recirculación del condensado a 70ºC generado en los equipos, al mezclarlo con el agua que ocupa el caldero a través de una red de tuberías que recircula el condensado hacia la caldera de vapor como se muestra en la Fig. 5.

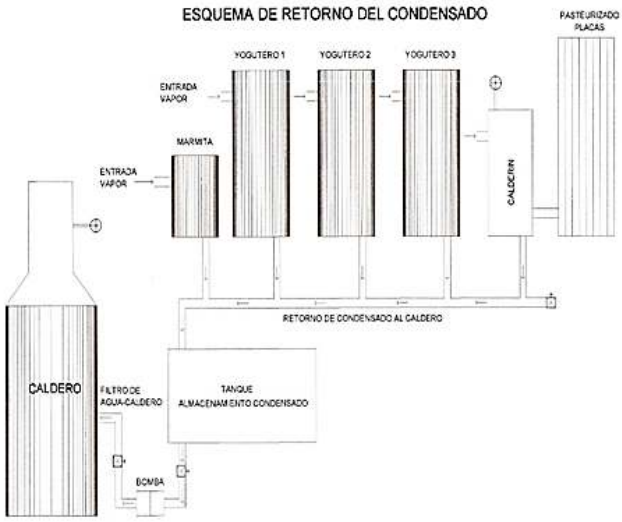


Figura 5: Esquema de retorno del condensado

Análisis de la Demanda de energía en horas pico (DP).

En la mayoría de PYMES dedicadas a la agroindustria se trabaja 8 horas sin jornada nocturna, por lo cual no se considera las ventajas y beneficios de operar en horarios donde el costo de la energía eléctrica es menor (Navarro & Molés, 2015). Se analiza varios escenarios mensuales para cuantificar el correcto manejo de la Demanda en horas Pico DP, basándose en valores de históricos de planillas eléctricas (Carretero & García, 2015). La Tabla 2 sirve como herramienta para determinar la mejor opción (Escenario Nº 1) el cual indica un consumo menor en comparación a los otros.

Tabla 2: Distribución acumulativa de energía pico

Escenarios	Potencia Demanda Pico	Energía LV 18-22H	Energía LV 08-18H	Factor de corrección	Pago antes de impuestos y tasas.
	KW X 10	kW-h	MW-h	FC	$
1	1,50	1,03	2,70	0,50	556,72
2	1,70	1,71	2,70	0,50	572,49
3	1,90	2,40	2,70	0,68	588,89
4	2,10	3,08	2,70	0,78	605,88
5	2,30	3,77	2,70	0,89	623,59
6	2,50	4,45	2,70	1,20	641,86

Determinación de línea-base de la planilla eléctrica.

Se aplica una regresión lineal entre el consumo histórico de kW-h vs. kg de producción de la PYME, y se obtiene una ecuación lineal:

Ec. (1)

Reemplazando en la ecuación 1 los valores de (x) con los kg de producción, se obtiene una nueva línea base calculada y la siguiente ecuación:

Ec. (2)

Se realiza una diferencia entre los kW-h históricos con los kW-h obtenidos de la ecuación (2) para calcular la línea meta con los mejores valores de operación menores a cero, obteniéndose la ecuación (3):

Ec. (3)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- En el análisis de la energía térmica en tuberías de vapor, se disminuye las pérdidas de calor por tuberías utilizado aislante de lana de vidrio con recubrimiento de aluminio, evitando pérdidas de calor por radiación. Se logra un ahorro potencial en galones de diésel utilizados, en consecuencia se usa menos agua para generación de vapor, se mejora la eficiencia de la caldera y se disminuye los gases de combustión expulsados al ambiente. Las pérdidas de calor ascienden a un valor anual de $104,06. Al aislar la tubería, se reduce las pérdidas del consumo de diésel en un 90% como se indica en la Tabla 1.

- Al realizar un análisis termodinámico en una cámara de refrigeración, se obtiene beneficios económicos gracias al ahorro de energía. Esto se convierte en una ventaja competitiva para las PYMES alimenticias, ya que son amigables con el medio ambiente por ser más eficientes en el manejo de sus recursos energéticos.

  Las PYMES alimenticias utilizan estanterías de diferentes materiales dentro de las cámaras frías como la madera que por su bajo calor específico de 0,384 kJ/(kg.Kº) necesita más trabajo del sistema de frío para llegar a 4°C desperdiciándose energía al enfriar las estanterías. Se demuestra que existe una reducción de consumo de energía eléctrica de 106 720 kW/año a 9 359 kW/año al cambiar el material de las estanterías, así se evita el desperdicio de energía eléctrica lo cual se indica en la Tabla 3:

Tabla 3: Ahorro generado con cambio de estanterías

Consumo de la PYME kW/año =	106 720
Situación actual requerida para el proceso de refrigeración con estanterías de madera (kW/año) =	9 359
Energía requerida para el proceso de refrigeración con estanterías polietileno (kW/año) =	6 281
Ahorro (kW/h) =	3 078
% =	3,00
$/kW-h promedio =	0,0791
$/año =	243,37

Realizando un análisis termodinámico de los equipos, se comprueba que al retornar el condensado existe una reducción en el consumo de diésel de 885,2 gl equivalentes a $911,76 lo cual se indica en la Tabla 4:

Tabla 4: Ahorro generado con retorno de condesado

Parámetros	Caldero sin retorno	Caldero con retorno
°T entrada agua a caldero (°C) =	12	50,40
°T salida de vapor del caldero (°C) =	139	139
Calor específico del vapor (kJ/kg.°C) =	1,84	1,84
Agua consumida l/h =	375	375
Q = m.Cp.Δ°T de 12°C a 100°C (kW) =	38,37	21,38
Q = m. Entalpía de evaporización (kW) =	235,19	232,47
Q = m vapor.Cp.Δ°T a 139°C (kW) =	7,48	7,39
Q total (kW) =	281,04	261,25
Horas funcionamiento caldero (h) =	3,60	3,60
Q total (kW)/año =	369 285	343 285
Poder calorífico diésel (kW/kg) =	11,88	11,88
Diésel necesario (kg) =	31 077,64	28 889,57
Densidad del diésel (kg/gl) =	3,14	3,14
Diésel necesario / año (gl) =	11 265,20	10 380,0
Precio unitario diésel ($) =	$ 1,03	$ 1,03
Diésel / año (USD) =	$ 11 603,13	$ 10 691,57

- Comparando varios escenarios mensuales se cuantifica el correcto manejo de la Demanda en horas Pico, observándose en la Tabla 2 el mejor escenario (Nº 1) con un consumo de $556,72 generándose un ahorro de $165,52 mensuales.

- Mediante la determinación de línea-base de la planilla eléctrica se logra disminuir el consumo eléctrico, además se contribuye a un bajo impacto ambiental. Este objetivo se obtiene realizando buenas prácticas operacionales y el correcto uso de la energía eléctrica. Porcentaje calculado con un valor promedio del kW-h de $0,079.

  Potencial ahorro = 9837,5 kW-h–8994,6 kW-h

  Potencial ahorro = 842,9 kW-h /mes

  Potencial ahorro = $67/mes

  Porcentaje de ahorro =10%

CONCLUSIONES

- Mediante la metodología aplicada se logra aumentar la rentabilidad económica de la PYMES agroalimenticias, es así que con el análisis de la energía térmica en tuberías de vapor se disminuye el consumo de 91,44 galones de diésel equivalente a $94,19/año; mediante el análisis termodinámico de una cámara de refrigeración se ahorra $243,37/mes, con el análisis termodinámico de equipos se reduce 885,2 galones de diésel que son $911,76/año, aplicando el análisis de la Demanda de energía en horas Pico (DP) se obtiene $165,22/mes y con la determinación de línea-base de la planilla eléctrica un ahorro de $67/mes.

- En Ecuador existen políticas públicas para apoyar al sector industrial, es así que existen beneficios tributarios si las PYMES aplican producción más limpia en sus procesos, a través de programas como el “Punto Verde” del Ministerio del Ambiente, que tiene la finalidad de fomentar el cambio de matriz productiva y e impulsar a la industria ecológica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó gracias al Ministerio de Industrias y Productividad MIPRO y a la colaboración de la Universidad Técnica del Norte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carretero, A., & García, J. M. (2015). Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora. España: AENOR.

Centro de Producción más Limpia Nicaragua. (2012). Metodología de Producción más Limpia. In C. d. Nicaragua. Nicaragua. Santo Tomás Nicaragua.

Cenzano, A. M., & Cenzano, J. M. (2015). Tecnología de la congelación de alimentos (Primera ed.). Madrid: AMV Ediciones.

Luna, P. (2005). Proyecto de Quesería Industrial, Tesis de Ingeniería. La Mancha, Ciudad Real España: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola.

Navarro, J., & Molés, F. (2015). Gestión energética en plantas industriales (Primera ed.). España: AMV Ediciones.

Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). Perry´s Chemical Engineers “Handbook” (7 ed.). Estados Unidos: Mc. Graw-Hill.

Rosenberg, J., & Epstein, L. (1988). Química General. México: McGraw-Hill.

Singh, P., & Herman, D. (1993). Introducción a la ingeniería en alimentos. Zaragoza, España: ACRIBIA, S.A.

FICA
FACULTAD DE INGENIERIA
EN CIENCIAS APLICADAS

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
UTN
IBARRA - ECUADOR

FUP
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN
Educación de Calidad con Responsabilidad Social

Universidad Cooperativa de Colombia

ISBN: 978-9942-984-97-5

EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

UTN
Creando CIENCIA, construyendo SUEÑOS

31 AÑOS de Historia